

学校编码: 10384  
学号: X200430011

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_  
UDC\_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

# SD/MMC 控制器的设计与实现

Design and Implementation of SD/MMC controller

郑 亮

指导教师姓名: 黄联芬 高级工程师

专 业 名 称: 仪器仪表工程电子班

论文提交日期: 2008 年 8 月

论文答辩时间: 2008 年 10 月

学位授予日期: 2008 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2008 年 月

厦门大学博硕士论文摘要库

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（    ☒    ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 摘要

随着便携多媒体终端的不断发展,加载于终端产品上的内容越来越丰富,从歌曲、图片、游戏到各种格式影片,人们对便携多媒体产品的存储容量要求越来越高。同时,便携多媒体产品往小型化,功能多样化的方向发展,而在单一产品上集成的存储容量是有限的。因此,在多媒体产品上集成便携存储卡接口是较简单、较经济的解决方案。

多媒体产品的小型化和高度集成化,使得在多媒体处理芯片上集成便携存储卡接口成为必然。目前市场上应用最广泛的存储卡主要是 SD 和 MMC 存储卡,因此在多媒体处理芯片上集成 SD/MMC 控制器接口就是一个很好的解决方案。

本文作者参与一款多媒体控制芯片的设计,负责其中 SD/MMC 控制器接口模块的设计。论文的主要工作如下:

1、早期的 SD/MMC 卡容量和速率都较低,因此,经常工作在 SPI 模式下,且该控制器接口模块通常挂接在 APB 总线上。对应控制器的设计也仅考虑 SPI 模式。本文考虑到当前 SD/MMC 的容量和速率都有了大幅度的提高,同时在实际应用中,该接口的使用率也较高,因此将控制器接口模块挂接在 AHB 总线上,同时,摒弃了速率较低的 SPI 模式,研究能够工作在 MMC 和 SD 模式下 SD/MMC 存储卡控制器。

2、同时,为了降低多媒体处理芯片核心 DSP 的负担,同时提高存储卡数据和片内存储器的传输效率,本文在卡控制器模块中设计了 DMA 接口。同时针对 DMA 传输,设计了 FIFO 水线机制,有效的提高了数据传输的效率。

3、设计完成后,针对功能和软件工作进行了基于小系统的模块级验证和基于实际应用的系统级验证,大大提高了该模块设计的有效性。

**关键词:** SD 卡; MMC 卡; AHB 总线

厦门大学博硕士论文摘要库



## Abstract

With the development of the portable multimedia terminal, the content stored in the multimedia terminal become more rich, for example, songs, pictures, games and videos. Customers need more storage capacity to store them. The portable multimedia products become more little with the more functional. The storage capacity integrated in a single product is very limited. Thus, there is a simple and low-cost solution, which is integrated the mobile storage card interface in the multimedia products.

It is necessary to integrate the mobile storage card interface in the multimedia chips because the multimedia products become littler with more feature. SD card and MMC card are used in a wide range of applications. Thus, there is a good solution, that is integrated the mobile storage card interface in the multimedia chip.

In this dissertation, the author participates in the design of a multimedia process chip. The author takes charge of the SD/MMC controller interface design.

The main work is summarized as follows:

1、Early, the SD card and MMC card always work on the SPI mode, and the controller module always connects the APB bus in the system, because the capacity of the SD card and MMC is little and the speed is low. So, the corresponding controller also works on the SPI mode. But currently, there is a substantial increase in the capacity and the speed of the SD/MMC card, and the controller has high usage rate. Author connected the controller interface module with the AHB Bus in the system, and makes the controller working on the SD and MMC mode rather than SPI mode.

2、Author added the DMA Controller in the card controller module to reduce burden of the multimedia chip core and to improve the transmission

efficiency between the card and memory in chip. At the same time, author design the waterline for DMA transfer to improve efficiency of the DMA transfer.

3、 Overall, the block verification for function and the system verification for application have been done, which ensure the correctness of the module.

**Key Words:** SD Card; MMC Card; AHB Bus

## 目录

<b>第一章 绪论</b>	<b>1</b>
1.1. 移动存储卡的发展	1
1.1.1 存储卡发展	1
1.1.2 MMC 卡	4
1.1.3 SD 卡	5
1.1.4 MMC 卡的发展	6
1.1.5 SD 卡的发展	6
1.2 多媒体存储卡控制器的研究和发展	7
1.3 本设计的主要工作及结构	8
<b>第二章 系统结构及原理</b>	<b>9</b>
2.1 系统整体架构	9
2.2 AMBA 总线协议	9
2.2.1 AMBA 总线协议概述	9
2.3 AHB 总线	10
2.3.1 AHB 简介	10
2.3.2 传输类型	13
2.3.3 Response	18
2.3.4 总线仲裁	21
2.4 APB 总线	25
2.4.1 APB 概述	25
2.4.2 Write 传输	26
2.4.3 Read 传输	27
2.4.4 APB 从设备与 APB 桥	27
2.5 AHB 重要特性探讨	27
2.5.1 地址译码	28
2.5.2 Default 主设备 & Dummy 主设备	28
2.5.3 AHB Lite	29
2.5.4 多层 AHB 总线	29
<b>第三章 SD/MMC 系统</b>	<b>31</b>
3.1 MMC 卡介绍	31
3.1.1 MMC 卡内部结构	31
3.1.2 MMC 卡寄存器	32
3.1.3 MMC 卡接口	32
3.1.4 MMC 工作模式及工作流程	33
3.1.5 命令与响应	37
3.1.6 数据格式	38
3.1.7 SPI 模式	39
3.1.8 MMC 控制器	40
3.2 SD 卡	40

3.2.1	SD 卡内部结构 .....	40
3.2.2	SD 卡接口 .....	41
3.2.3	SD 寄存器 .....	42
3.2.4	SD 卡的命令和数据 .....	42
3.2.5	SD 卡的工作模式 .....	45
3.2.6	SD 卡的两种状态信息 .....	47
3.2.7	SPI 模式 .....	48
3.2.8	SD 与 MMC 的异同 .....	48
<b>第四章 SD/MMC 控制器设计 .....</b>		<b>49</b>
4.1	SD/MMC 控制器总体架构 .....	49
4.2	AIU 模块 .....	49
4.2.1	时钟控制器 .....	50
4.2.2	AHB 总线接口 .....	50
4.2.3	DMA 控制器 .....	51
4.2.4	中断控制器 .....	51
4.2.5	寄存器文件 .....	52
4.2.6	FIFO .....	52
4.3	CIU 模块 .....	53
4.3.1	命令生成器 .....	53
4.3.2	数据控制器 .....	54
4.4	同步 .....	54
4.4.1	亚稳态 .....	55
4.4.2	多时钟域信号传递方案 .....	55
4.4.3	同步器设计 .....	55
4.5	本章小结 .....	55
<b>第五章 验证与综合 .....</b>		<b>57</b>
5.1	模块功能验证 .....	57
5.2	系统级验证 .....	63
5.3	综合 .....	64
5.4	小结 .....	64
<b>第六章 总结与展望 .....</b>		<b>65</b>
1.1.	总结 .....	65
1.2.	展望 .....	65

## CONTENTS

<b>Chapter1 Preface</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Development Of Mobile Memory Card</b> .....	<b>1</b>
1.1.1 Development of Memory Card .....	1
1.1.2 MMC Card .....	4
1.1.3 SD Card .....	5
1.1.4 Development of MMC .....	6
1.1.5 Development of SD .....	6
<b>1.2 Research And Development of Mobile Card Controller</b> .....	<b>7</b>
<b>1.3 The Main Work Of The Thesis</b> .....	<b>8</b>
<b>Chapter 2 The System Structure And Principle</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1 The System Architecture</b> .....	<b>9</b>
<b>2.2 AMBA Protocol</b> .....	<b>9</b>
2.2.1 Overview of AMBA Protocol .....	9
<b>2.3 AHB Bus</b> .....	<b>10</b>
2.3.1 AHB Introduction.....	10
2.3.2 Transfer Type .....	13
2.3.3 Response.....	18
2.3.4 Arbitration .....	21
<b>2.4 APB Bus</b> .....	<b>25</b>
2.4.1 Overview of APB.....	25
2.4.2 WriteTransfer .....	26
2.4.3 Read Transfer .....	27
2.4.4 APB Slave And APB Bridge .....	27
<b>2.5 AHB Important Feature</b> .....	<b>27</b>
2.5.1 Address Decoder .....	28
2.5.2 Default Master And Dummy Master .....	28
2.5.3 AHB Lite .....	29
2.5.4 Multi-Layer AHB .....	29
<b>Chapter3 Sd/Mmc System</b> .....	<b>31</b>
<b>3.1 MMC Introduction</b> .....	<b>31</b>
3.1.1 MMC Card Structure .....	31
3.1.2 MMC Card Register .....	32
3.1.3 MMC Card Interface .....	32
3.1.4 MMC Protocol and Working Mode .....	33
3.1.5 Command And Response .....	37
3.1.6 Data Format.....	38
3.1.7 SPI Mode.....	39
3.1.8 MMC Controller Introduction.....	40
<b>3.2 SD Card</b> .....	<b>40</b>
3.2.1 SD Card Structure .....	40

3.2.2	SD Card Interface .....	41
3.2.3	SD Register .....	42
3.2.4	Command and Data .....	42
3.2.5	SD Card Working Mode .....	45
3.2.6	Two Status Of SD Card.....	47
3.2.7	SPI Mode.....	48
3.2.8	Differences and Similarities Between SD And MMC .....	48
<b>Chapter4 SD/MMC Controller .....</b>		<b>49</b>
4.1	SD/MMC Controller Architecture.....	49
4.2	AIU Module .....	49
4.2.1	Clock Controller.....	50
4.2.2	AHB Interface .....	50
4.2.3	DMA Controller.....	51
4.2.4	Interrupt Controller .....	51
4.2.5	Register.....	52
4.2.6	FIFO.....	52
4.3	CIU Module .....	53
4.3.1	Command Generator .....	53
4.3.2	Data Controller .....	54
4.4	Synchronizer .....	54
4.4.1	Metastable state .....	55
4.4.2	Signal transmit in clock domain.....	55
4.4.3	Design of synchronizer.....	55
4.5	Summary .....	55
<b>Chapter5 Verification And Synthesis .....</b>		<b>57</b>
5.1	Block Level Verification .....	57
5.2	System Level Verification .....	63
5.3	Synthesis .....	64
5.4	Summary.....	64
<b>Chapter6 Summary And Outlook .....</b>		<b>65</b>
1.1.	Summary .....	65
1.2.	Outlook.....	65

## 第一章 绪论

### 1.1. 移动存储卡的发展

现在数码相机、手机、掌上电脑、随身听上处处都可能用到存储卡，存储卡有很多种类，常见的有 CF 卡、MicroDrive、SD 卡、MMC 卡、记忆棒、SM 卡、xD 卡等。对于各种数码设备和移动设备来说，各种存储卡是共通的泛用设备，也是必不可少的核心环节之一，过去那种不支持存储卡，不具备扩展能力，仅靠有限的内置存储体来工作的数码相机和掌上电脑在今天是不可想象的。随着数码相机像素的提高以及对拍摄速度的更高要求、手机和掌上电脑影视音乐娱乐等方面的需求以及软件的大型化，不但存储卡必不可少，而且还需要容量和性能更高的存储卡。

基于 FLASH 的移动存储器满足 3C 的需要，具有容量大，不怕潮湿，体积小，耗电小，不怕振动，结构简单，可以反复读写擦除，体积小功耗低等特点，特别是易携带、存储速度快，安全性高且可以即插即用等特点，使得移动存储得到快速发展和受到消费者普遍欢迎。

从全球来看，移动存储卡的标准很多，如最早出现 CF 接口，还有 SD 系列，是由东芝、以及松下联盟推出的标准，包括后续更加小尺寸的 miniSD。以及手机里面用的 SD 作为手机存储卡，还有一种 MMC，由三星，诺基亚等一些公司成立的 MMC 联盟制定的规格，后续也出现速度越来越快，尺寸越来越小的移动存储卡的规格，MMC 在大陆也得到比较广泛的应用。还有一些标准应用面不是太广，但是也有悠久的历史，比如 MS 记忆棒，和后续一系列改进性，当然 USB，这是一个通用的标准，可以用在 U 盘上面，还有 T-FLASH 等等，这样一些标准都是在移动存储领域里面出现的，已经得到应用的标准。

#### 1.1.1 存储卡发展

现介绍一下常见的存储卡各标准的发展历程：

##### 1、 CF 卡（Compact Flash Card）

CF 卡是 1994 年由 SanDisk 公司率先推出的。它采用闪存（flash）技术，是一种稳定的存储解决方案，不需要电池来维持其中存储的数据。对所保存的数

据来说，CF 卡比传统的磁盘驱动器安全性和保护性都更高，而且 CF 卡的用电量仅为小型磁盘驱动器的 5%。这些优异的条件使得几年前众多数码相机都选择 CF 卡作为其首选存储介质，其中尤其是以佳能公司作为代表，其产品曾一度清一色的采用了 CF 卡作为存储介质。

## 2、 SM 卡（Smart Media Card）

SM 卡是由东芝公司在 1995 年 11 月发布，韩国三星公司在 1996 年购买了生产和销售许可，这两家公司成为了主要的 SM 卡厂商。SM 卡最早的名字是 SSFDC 卡（Solid 状态 Floppy Disk Card），1996 年 6 月改名为 SmartMedia，并成为东芝的注册商标。

SmartMedia 卡曾经是市场上最常见的微存贮卡，一度在 MP3 播放器上非常的流行。2002 年以前被广泛应用于数码产品，如奥林巴斯的老款数码相机以及富士的老款数码相机多采用 SM 存储卡。但由于 SM 卡的控制电路是集成在数码产品（比如数码相机）当中，使得数码相机的兼容性容易受到影响，多种数码产品不能共享同一张 SM 卡，导致一些厂商开始寻求新的出路。1997 年西门子和 SanDisk 在东芝 NAND 闪存记忆技术之上构建了 MMC 标准；1999 年 8 月松下、东芝和 SanDisk 又在 MMC 卡的基础之上开发出 SD 卡；索尼凭借宽厚的产品线支持优势做出了 Memory Stick；富士和奥林巴斯则于 2002 年 7 月联手推出了 xD 卡

## 3、 MMC 卡（MultiMedia Card）

MMC 卡由西门子公司和 SanDisk 公司于 1997 年共同推出，主要是针对数码影像、音乐、手机、PDA、电子书、玩具等产品，比 SM 卡既小又轻，它把存贮单元和控制器一同做到了卡上，智能的控制器使得 MMC 保证兼容性和灵活性。

## 4、 SD 卡（Secure Digital Memory Card）

SD 卡是一种基于半导体快闪记忆器的存储卡，由日本松下、东芝及美国 SanDisk 公司于 1999 年 8 月共同开发研制。其大小犹如一张邮票，内部结合了 SanDisk 快闪记忆卡控制与 MLC（Multilevel Cell）技术和 Toshiba（东芝）0.16u 及 0.13u 的 NAND 技术，重量只有 2 克，但却拥有高容量、快速数据传输率、极大的移动灵活性以及很好的安全性，是目前市场上最为普及的存储卡类型。



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库